

## 明細書

### 燃料電池

#### 技術分野

本発明は、燃料電池に関し、特に固体電解質膜を用いた燃料電池に関する。

#### 背景技術

固体高分子型燃料電池は、パーフルオロスルホン酸膜等のイオン交換膜を電解質膜として用い、このイオン交換膜の両面にそれぞれ電極（燃料極および酸化剤極）が接合された構成であり、燃料極に水素、酸化剤極に酸素あるいは空気が供給されて、電気化学反応により発電する装置である。この電気化学反応を起こすために、通常、固体高分子型燃料電池は、固体高分子電解質膜であるイオン交換膜と、イオン交換膜の両面に形成された、触媒物質が担持された炭素微粒子と固体高分子電解質との混合体からなる触媒層と燃料および酸化ガスの供給と拡散のための多孔質性炭素材料からなるガス拡散層（供給層）とからなる電極と、炭素あるいは金属の導電性薄板からなる集電体とで構成されている。

また近年では、前記と同様の構成で、燃料としてメタノールなどの有機液体燃料を直接燃料極に供給する直接メタノール固体高分子型燃料電池の研究開発も活発に行われている。

前記した構成において、燃料極に供給された燃料は、ガス拡散層（供給層）中の細孔を通過して触媒に達し、触媒の作用で燃料が分解されて、電子と水素イオンが生成される。電子は、燃料極中の触媒担体とガス拡散層（供給層）とを通過して外部回路へ導き出され、外部回路より酸化剤極に流れ込む。一方、水素イオンは燃料極中の電解質および両電極間の固体高分子電解質膜を通過して酸化剤極に達し、酸化剤極に供給された酸素と外部回路より流れ込む電子と反応して水を生成する。この結果、外部回路では燃料極から酸化剤極へ向かって電子が流れ、電力が取り出される。

しかしながら、このような基本的構成の固体高分子型燃料電池単体の電池電圧は、各電極における酸化還元電位差に相当することから、理想的な開放電圧であ

っても高々1. 23 Vである。このため、様々な機器に搭載する駆動電源としては、電池出力の点で必ずしも充分とは言えない。例えば、携帯用電子機器の多くは電源として1. 5～4 V程度以上の入力電圧を必要とするため、そのような携帯用電子機器の駆動電源として固体高分子型燃料電池を使用する場合には、燃料電池の単位セルを直列に接続し、電池の電圧を上げる必要がある。

そこで、電池電圧を上昇させるために、燃料電池の単位セルを積層した構成にして十分な電圧を確保することが考えられるが、このようにすると電池全体が厚くなるため、薄型化が要請される携帯用電子機器などの駆動電源としては好ましいとは言えない。

電池電圧を上昇させつつ電池の薄型化を実現する技術として、例えば特開平8-273696号公報には、同一平面上に複数のセルを組み込んだ燃料電池と、この燃料電池を複数枚重ねるスタック構造が開示されている。

また、特開平8-171925号公報には、1枚の電解質膜の一方の面に複数の酸化剤極が配置され、当該電解質膜の他方の面に複数の燃料極が配置されることにより、複数の単位セルを同一平面上に有する燃料電池が開示されている。

このような燃料電池を具体的に例示すると、図1A、1Bに模式的に示すように、1枚の固体高分子電解質膜114の一方の面に複数の燃料極（一方の電極）102が配置され、固体高分子電解質膜114の他方の面に複数の酸化剤極（他方の電極）108が配置されている。燃料極102上には集電体120、121が、酸化剤極108上には集電体122、123がそれぞれ配置されて接続され、集電体121と122は、接続電極124により電氣的に接続されている。

前記した従来技術は、複数のセルを電氣的に接続することにより高出力化が可能であるので、機器駆動のために十分な電源電圧を得るという点においてある程度の効果を奏している。

しかしながら、特開平8-273696号公報に記載の技術においては、平面内に配された各単位セルの燃料極と酸化剤極の向きが一様ではないため、各単位セル毎に分離して燃料および酸化剤ガスを供給する必要がある。また、各単位セル内の燃料または酸化剤ガスが隣接する単位セルに流入することを防ぐため、各単位セル毎に密閉する保持機構を必要とする。このため、燃料電池の単位セル間

の間隔は、燃料および酸化剤ガスの供給機構や保持機構の大きさに依存し、充分な小型化を達成することが難しかった。さらに、構成部品数が多くなるなど、小型化およびコストの面から改善の余地を有していた。

また、特開平 8-171925 号公報に記載の技術においては、ある単位セルの燃料極において生成した水素イオンが、その単位セルの酸化剤極ではなく、隣接する単位セルの酸化剤極へ移動し（電氣的リーク）、電圧が低下してしまうという課題を有していた。特に、各単位セルの間隔が電解質膜の厚さと同程度に小さい場合には、電氣的リークが顕著であり、電圧の低下が避けられなかった。

### 発明の開示

前記事情に鑑み、本発明の目的は、簡素な構造を有し、高出力かつ小型化および薄型化が可能な固体高分子型燃料電池を提供することにある。

前記課題を解決するために、本発明によれば、固体電解質膜と、固体電解質膜の一方の面に配置された複数の燃料極と、固体電解質膜の他方の面に複数の燃料極と対向して配置された複数の酸化剤極とを含み、燃料極と酸化剤極と固体電解質膜とからなる、複数の単位セルが電氣的に接続された構成の燃料電池であって、隣接する単位セルの間の領域に、低イオン伝導性の領域が設けられていることを特徴とする燃料電池が提供される。

本発明の燃料電池は、1枚の固体電解質膜を共有する2つ以上の単位セルが電氣的に接続された構成である。このため、単位セル同士を相対的に固定する部材を別に必要としないため、簡素な構造で高出力が得られる燃料電池が実現する。

さらに、固体電解質膜の一方の面には燃料極が、他方の面には酸化剤極がそれぞれ配置されているため、各単位セル毎に個別に燃料あるいは酸化剤を供給する流路などを設ける必要がなく、2つ以上の単位セルに対して一度に燃料や酸化剤を供給することが可能である。したがって、機構を簡素化することができるため、燃料電池の小型化を図ることが可能となる。

また、本発明の燃料電池においては、各単位セル間の間隔を狭めることにより、さらに燃料電池の小型化を図ることができる。従来は、このように各単位セル間の間隔を狭めた場合、前記したように電氣的リークが生じるため、電圧が低下

してしまうという課題が生じていた。しかし、本発明の燃料電池では、固体電解質膜の隣接する単位セル間の領域に、低イオン伝導性領域を設けることにより、電氣的リークの発生を防止している。このため、各単位セル間の間隔を、固体電解質膜の厚さと同程度まで小さくした場合においても、電圧の低下が抑制され、小型かつ薄型で高出力の燃料電池が実現する。ここで、本発明における低イオン伝導性領域とは、他の領域と比較して、水素イオンの伝導性が低い領域をいう。

本発明では、前記した燃料電池において、低イオン伝導性領域が、固体電解質膜に溝部が形成された領域であってもよい。

また、本発明では、前記した燃料電池において、低イオン伝導性領域が、固体電解質膜に凹部が形成された領域であってもよい。

このような構成にすることによって低イオン伝導性領域を設けることができ、固体電解質膜を介した単位セル間の水素イオンの移動を抑制することができるため、電圧低下が効果的に抑制された高出力の燃料電池が実現する。

本発明では、前記した燃料電池において、溝部または凹部に絶縁性樹脂が充填されていてもよい。溝部または凹部を絶縁性樹脂によって充填することにより、固体電解質膜を介した単位セル間の水素イオンの移動をより一層抑制することが可能となり、出力の一層高い燃料電池を得ることが可能となる。絶縁性樹脂としては、フッ素系樹脂、ポリイミド系樹脂、フェノール系樹脂、エポキシ系樹脂のいずれかを用いることが好ましい。これらの樹脂を用いることにより、溝部または凹部に対し、簡便かつ確実に絶縁性樹脂を充填することができる。

また、本発明によれば、前記した燃料電池において、2つ以上の燃料極を覆う燃料流路をさらに備え、燃料流路の隔壁の一部が固体電解質膜であることを特徴とする燃料電池が提供される。この燃料電池は、固体電解質膜を燃料流路の隔壁の一部として利用しているため、構成部品数が少なく、構造が簡素である。このため、燃料電池全体の小型化および薄型化に寄与することができる。

本発明によれば、前記した燃料電池において、複数の単位セルのうちの少なくとも2つが直列に接続されたことを特徴とする燃料電池が提供される。

また、本発明によれば、前記した燃料電池において、複数の単位セルのうちの少なくとも2つが並列に接続されたことを特徴とする燃料電池が提供される。

本発明の燃料電池においては、複数の単位セルを直列あるいは並列に自由に接続することが可能であるため、所望の電圧または電流値を有する燃料電池を得ることが可能である。

以上説明したように、本発明によれば、簡素な構造を有し、高出力かつ小型化および薄型化された固体高分子型燃料電池を提供することが可能となる。

#### 図面の簡単な説明

図 1 A, 1 B は従来の燃料電池の一例を示す図である。

図 2 A, 2 B は本発明の燃料電池の実施形態を示す図である。

図 3 A, 3 B は本発明の燃料電池の他の実施形態を示す図である。

図 4 A, 4 B は本発明の燃料電池のさらに他の実施形態を示す図である。

図 5 A, 5 B は本発明の燃料電池のさらに他の実施形態を示す図である。

#### 発明を実施するための最良の形態

以下、図 2 A ~ 5 B を参照して、本発明の実施形態の燃料電池の構成および動作について説明する。

図 2 A は、本発明の実施形態の燃料電池の構造を模式的に表した斜視図であり、図 2 B は、図 2 A の A - A' 線断面図である。図 2 A および 2 B に示されるように、一枚の固体高分子電解質膜 114 の一方の面に燃料極（一方の電極）102 a、102 b が配置され、固体高分子電解質膜 114 の他方の面には酸化剤極（他方の電極）108 a、108 b が配置されている。また、燃料極 102 a、102 b 上には集電体 120、121 が、酸化剤極 108 a、108 b 上には集電体 122、123 がそれぞれ配置されて接続されている。また、集電体 121 および 122 は、接続電極 124 により電氣的に接続されている。なお、燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b は、図示しない基体および触媒層から構成されている。

以上のように構成された燃料電池において、図 2 B に示されるように、燃料極 102 a、102 b には燃料 125 が、酸化剤極 108 a、108 b には空気あるいは酸素などの酸化剤 126 が供給される。本実施形態の燃料電池においては

、固体高分子電解質膜 114 を挟んで、複数の単位セルの燃料極 102 a、102 b が一方の側に、酸化剤極 108 a、108 b が他方の側にそれぞれ配置されている。したがって、図 2 B に模式的に示している通り、燃料 125 を供給する燃料流路および酸化剤 126 を供給する酸化剤流路はそれぞれ一系統で足りるため、燃料電池の構造を簡素化することが可能となる。ここで、固体高分子電解質膜 114 は、燃料極側と酸化剤極側を隔てる隔壁の役割を有しているため、燃料 125 が酸化剤極側に進入することはなく、また酸化剤 126 が燃料極側に進入することもない。

固体高分子電解質膜 114 は、燃料極 102 a、102 b と酸化剤極 108 a、108 b とを隔てるとともに、両者の間で水素イオンを移動させるイオン交換膜としての役割を有する。このため、固体高分子電解質膜 114 は、水素イオンの導電性が高い膜であることが好ましい。また、化学的に安定であって機械的強度が高いことが好ましい。固体高分子電解質膜 114 を構成する材料としては、スルホン基、リン酸基、ホスホン基、ホスフィン基などの強酸基や、カルボキシル基などの弱酸基などの極性基を有する有機高分子が好ましく用いられる。このような有機高分子としては、

スルホン化ポリ（4-フェノキシベンゾイル-1,4-フェニレン）、アルキルスルホン化ポリベンゾイミダゾールなどの芳香族含有高分子；

ポリスチレンスルホン酸共重合体、ポリビニルスルホン酸共重合体、架橋アルキルスルホン酸誘導体、フッ素樹脂骨格およびスルホン酸からなるフッ素含有高分子などの共重合体；

アクリルアミド-2-メチルプロパンスルホン酸のようなアクリルアミド類と n-ブチルメタクリレートのようなアクリレート類とを共重合させて得られる共重合体；

スルホン基含有パーフルオロカーボン（例えば、デュポン社製ナフィオン（商品名）、旭化成社製アシプレックス（商品名））；

カルボキシル基含有パーフルオロカーボン（例えば、旭硝子社製フレミオン S 膜（商品名））；

などが例示される。

燃料 125 として有機液体燃料を使用する場合であって、スルホン化ポリ (4-フェノキシベンゾイル-1, 4-フェニレン)、アルキルスルホン化ポリベンゾイミダゾールなどの芳香族含有高分子を選択した場合には、有機液体燃料の透過を抑制でき、クロスオーバーによる電池効率の低下を抑えることができる。

燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b は、たとえば、触媒を担持した炭素粒子と固体高分子電解質の微粒子とを含む膜 (触媒層) が基体 (ガス拡散層) 上に形成された構成とすることができる。基体には、燃料極、酸化剤極ともに、カーボンペーパー、カーボンの成形体、カーボンの焼結体、焼結金属、発泡金属などの多孔性基体を用いることができる。また、基体表面は撥水処理されていてもよく、基体の撥水処理にはポリテトラフルオロエチレンなどの撥水剤を用いることができる。

燃料極の炭素粒子に担持される触媒としては、白金、ロジウム、パラジウム、イリジウム、オスミウム、ルテニウム、レニウム、金、銀、ニッケル、コバルト、リチウム、ランタン、ストロンチウム、イットリウムなどが例示され、これらを単独または二種類以上組み合わせて用いることができる。一方、酸化剤極の炭素粒子に担持される触媒としては、燃料極の触媒と同様のものが用いることができ、前記例示物質を使用することができる。なお、燃料極および酸化剤極の触媒は互いに同じものを用いても異なるものを用いてもよい。

触媒を担持する炭素粒子としては、アセチレンブラック (例えば電気化学社製デンカブラック (商品名)、Vulcan 社製 XC72 (商品名) など)、ケッチェンブラック、カーボンナノチューブ、カーボンナノホーンなどが例示される。炭素粒子の粒径は、たとえば、0.01~0.1  $\mu\text{m}$ 、好ましくは 0.02~0.06  $\mu\text{m}$  である。

燃料 125 としては、メタノール、エタノール、ジエチルエーテルなどの有機液体燃料や水素含有ガスを用いることができる。

燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b の作製方法は、特に制限がないが、たとえば以下のようにして作製することができる。

燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b の炭素粒子によ

る触媒の担持は、一般的に行われている含浸法によって行うことができる。そして、触媒を担持した炭素粒子と固体高分子電解質粒子を溶媒に分散させ、ペースト状とした後、これを基体に塗布し乾燥することによって、燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b を得ることができる。ここで、炭素粒子の粒径は、たとえば  $0.01 \sim 0.1 \mu\text{m}$  とする。また、触媒粒子の粒径は、たとえば  $1 \text{ nm} \sim 10 \text{ nm}$  とする。また、固体高分子電解質粒子の粒径は、たとえば  $0.05 \sim 1 \mu\text{m}$  とする。炭素粒子と固体高分子電解質粒子とは、たとえば、重量比が  $2 : 1 \sim 40 : 1$  の範囲で用いられる。また、ペースト中の水と溶質との重量比は、たとえば、 $1 : 2 \sim 10 : 1$  程度とする。基体へのペーストの塗布方法については特に制限がないが、たとえば、刷毛塗り、スプレー塗布、およびスクリーン印刷等の方法を用いることができる。ペーストは、約  $1 \mu\text{m} \sim 2 \text{ mm}$  の厚さで塗布される。ペーストを塗布した後、使用するフッ素樹脂に応じた加熱温度および加熱時間で加熱し、燃料極 102 a、102 b または酸化剤極 108 a、108 b が作製される。加熱温度および加熱時間は、用いられる材料によって適宜に選択されるが、たとえば、加熱温度を  $100^\circ\text{C} \sim 250^\circ\text{C}$ 、加熱時間を 30 秒間  $\sim$  30 分とすることができる。

固体高分子電解質膜 114 は、用いられる材料に応じて適宜な方法を採用して作製することができる。たとえば、固体高分子電解質膜 114 を有機高分子材料で構成する場合、有機高分子材料を溶媒に溶解または分散した液体を、ポリテトラフルオロエチレン等の剥離性シート等の上にキャストして乾燥させることにより得ることができる。

このようにして作製した固体高分子電解質膜 114 を、燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b で挟み、ホットプレスし、電極-電解質接合体を得る。このとき、両電極（燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b）の触媒が設けられた面と固体電解質膜 114 とが接するようになる。ホットプレスの条件は、材料に応じて選択されるが、固体高分子電解質膜 114 や電極（燃料極 102 a、102 b および酸化剤極 108 a、108 b）の表面の電解質を有機高分子で構成する場合、これらの有機高分子の軟化温度やガラス転位温度を超える温度で行うことができる。具体的には、例えば、温度



が $100\sim 250^{\circ}\text{C}$ 、圧力が $1\sim 100\text{ kg/cm}^2$ 、時間が $10\text{ 秒}\sim 300\text{ 秒}$ の条件でホットプレスが行われる。

前記したようにして得られた電極—電解質接合体を、集電体 $120\sim 123$ により挟持する。その後、燃料極 $102\text{ b}$ 上に配置されて接続された集電体 $121$ と、酸化剤極 $108\text{ a}$ 上に配置されて接続された集電体 $122$ とを、接続電極 $124$ により電氣的に接続する。こうして、2つの単位セルが直列接続された燃料電池を得ることができる。なお、集電体 $120\sim 123$ および接続電極 $124$ は導電性を有する部材であり、例えばステンレスやチタンなどから形成することができる。

本実施形態の燃料電池においては、前記した従来技術のように密閉性を有する保持機構を必要としないため、各単位セル同士を近付けて配置し、省スペース化を図ることにより、高密度実装を実現できる。しかしながら、各単位セル同士を固体高分子電解質膜の厚さと同じ程度まで近付けて配置した場合には、ある単位セルの燃料極において生成した水素イオンが、その単位セルの酸化剤極ではなく、隣接する単位セルの酸化剤極へ移動してしまう、いわゆる電氣的リークが生じ得る。このように移動する水素イオンは電圧降下の原因となる。そこで本実施形態では、この電氣的リークを防止するために、図2 A、2 Bに示すように、単位セルと単位セルとの間の領域に溝部 $302$ を設けている。図2 Aは、溝部 $302$ が設けられた構成の斜視図であり、図2 BはそのA—A'線断面図である。

また、図3 A、3 Bに示すように、単位セルと単位セルとの間の領域に、溝部 $302$ に代えて凹部 $303$ を設けることもできる。図3 Aは、凹部 $303$ が設けられた実施形態の斜視図であり、図3 BはそのA—A'線断面図である。

このように溝部 $302$ または凹部 $303$ を設けることにより、燃料極 $102\text{ a}$ で生成された水素イオンが隣接する単位セルの酸化剤極 $108\text{ b}$ へ移動するイオン伝導性を低下させることができる。それによって、電氣的リークを抑え、燃料極 $102\text{ a}$ で生成された水素イオンを効果的に酸化剤極 $108\text{ a}$ に導くことができる。

さらに、溝部 $302$ または凹部 $303$ を、絶縁性を有する樹脂などで充填することもできる。このような構成を図4 A、4 B、5 A、5 Bに示す。図4 Aは溝

部302に絶縁性フィルム304が挟め込まれた実施形態の斜視図であり、図4BはそのA-A'線断面図である。また、図5Aは、凹部303に絶縁性樹脂305が充填された実施形態の斜視図であり、図5BはそのA-A'線断面図である。このような構成を採用することにより、電氣的リークをより一層抑制することが可能となる。なお、絶縁性フィルム304および絶縁性樹脂305の材料としては、フッ素系樹脂、ポリイミド系樹脂、フェノール系樹脂、エポキシ系樹脂などを用いることができる。

前記した通り、図2A～図5Bに示される各実施形態においては、電氣的リークを抑制でき、燃料電池の単位セル間の間隔を固体高分子電解質膜114の膜厚以下にすることができるため、より高密度な実装を実現することができる。

なお、前記した各実施形態においては、簡単にするため、単位セルが2つの場合について例示したが、本発明はこれに限られるものではなく、3つ以上の単位セルを用いた形態についても同様に適用することができる。

次に、本発明のより具体的な実施例について、比較例と対比しつつ、図面を参照して説明する。

#### (実施例1)

図2A、2Bを参照して、本発明の実施例1について説明する。

実施例1では、触媒として粒子径3～5nmの白金(Pt)－ルテニウム(Ru)合金を用い、この触媒を炭素微粒子(電気化学社製デンカブラック：商品名)に重量比50%だけ担持させた触媒担持炭素微粒子を使用した。なお、合金組成は50at%Ruで、合金と炭素微粉末の重量比は1：1とした。この触媒担持炭素微粒子1gを、アルドリッチ・ケミカル社製の5wt%ナフィオン溶液18ml(ナフィオンはデュポン社の登録商標)に加え、超音波混合機により50℃で3時間攪拌して触媒ペーストとした。この触媒ペーストを、カーボンペーパー(東レ製TGP-H-120：商品名)上に、スクリーン印刷法で2mg/cm<sup>2</sup>塗布し、120℃で乾燥して電極を得た。

このようにして4つの電極を作製し、それらを、デュポン社製ナフィオンからなる膜厚150μmの1枚の固体高分子電解質膜114の両面に2つずつ、120℃で熱圧着して、燃料極102a、102bおよび酸化剤極108a、108

bとした。こうして、2つの単位セルを作成した。なお、これら2つの単位セルの間の間隔は0.2mmとした。さらに、この2つの単位セルの間に、幅0.05mm、深さ0.1mmの溝部302を設けた。

そして、燃料極102a、102bおよび酸化剤極108a、108b上にそれぞれステンレス製の集電体120~123を配置して接続し、2つの単位セルを集電体120~123で挟持する構成とした。さらに、集電体121と集電体122とを接続電極124を介して直列に接続した。さらに、図示しないが、テトラフルオロエチレン樹脂製の燃料容器を、固体高分子電解質膜114の燃料極102a、102b側に取り付けた。燃料極102a、102bは、この燃料容器に覆われ、かつ固体高分子電解質膜114とこの燃料容器とで密閉された状態となるようにした。

このようにして作製した燃料電池の内部に、10%メタノール水溶液を2ml/minで流入し、外部を大気中に曝して電池特性を測定した。その結果、表1に示すように、電流密度100mA/cm<sup>2</sup>における電池電圧が0.87Vであった。この電圧は、1つの単位セルのみからなる燃料電池単体の電池電圧の2倍に近く、実施例1では電氣的リークがかなり抑えられていることが判る。

表1

	電池電圧
実施例1	0.87V
実施例2	0.9V
実施例3	0.85V
実施例4	0.9V
比較例1	0.9V
比較例2	0.8V

(比較例1)

図1A、1Bに示す比較例1でも、実施例1と同様の方法で作製した4つの電極を、1枚の固体高分子電解質膜114の両面に2つずつ熱圧着して、燃料極102a、102bおよび酸化剤極108a、108bとして、2つの単位セルを作成した。ただし、これら2つの単位セルの間の間隔は3mmとし、溝部302

は設けなかった。そして、実施例 1 と同様に集電体 120～123 を配置して、集電体 121 と集電体 122 とを接続電極 124 を介して直列に接続し、図示しない燃料容器を、固体高分子電解質膜 114 の燃料極 102 a、102 b 側に取り付けた。

比較例 1 の燃料電池に対しても、内部に 10%メタノール水溶液を 2 ml/min で流入し、外部を大気中に曝して電池特性を測定した。その結果、表 1 に示すように、電流密度 100 mA/cm<sup>2</sup> における電池電圧が 0.9 V であった。この電圧は、1 つの単位セルのみからなる燃料電池単体の電池電圧の 2 倍に相当し、比較例 1 では、2 つの単位セルの間に十分な間隔が確保されているため、電氣的リークがほとんど生じず、良好な結果が得られることが判る。しかし、比較例 1 には、単位セル間の間隔がかなり広いため、小型化の要求に反するという大きな欠点がある。

#### (比較例 2)

図示しない比較例 2 では、2 つの単位セルの間の間隔が 0.2 mm であり、それ以外は比較例 1 と同じ構成の燃料電池を、比較例 1 と同じ製造方法で製造した。言い換えると、比較例 2 の燃料電池は、実施例 1 との相違点は固体高分子電解質膜 114 に溝部 302 が設けられていない点のみであり、それ以外は実施例 1 と同じ構成である。

比較例 2 の燃料電池に対しても、内部に 10%メタノール水溶液を 2 ml/min で流入し、外部を大気中に曝して電池特性を測定した。その結果、表 1 に示すように、電流密度 100 mA/cm<sup>2</sup> における電池電圧が 0.8 V であった。この電圧は、1 つの単位セルのみからなる燃料電池単体の電池電圧の 2 倍よりも小さく、比較例 2 では、比較例 1 に比べて 2 つの単位セルの間の間隔を小さくして小型化を可能にしたものの、電氣的リークが生じて十分な電池電圧が得られないという結果になった。

#### (実施例 2)

図 4 A、4 B に示す実施例 2 は、実施例 1 と同様な構成において、固体高分子電解質膜 114 に設けられた溝部 302 に、ポリイミドからなる絶縁性フィルム 304 (デュポン社製カプトン (登録商標)) を挟み込んで接着した構成である

。その他の構成は実施例 1 と同様であり、実施例 1 と同様な方法により製造されている。

実施例 2 の燃料電池に対しても、内部に 10%メタノール水溶液を 2 ml/min で流入し、外部を大気中に曝して電池特性を測定した。その結果、表 1 に示すように、電流密度 100 mA/cm<sup>2</sup>における電池電圧が 0.9 V であった。この電圧は、実施例 1 の電池電圧よりも大きく、1 つの単位セルのみからなる燃料電池単体の電池電圧の 2 倍に相当し、実施例 2 では電氣的リークがほとんど抑えられていることが判る。

#### (実施例 3)

図 3 A, 3 B に示す実施例 3 は、実施例 1 と同様な構成において、固体高分子電解質膜 114 に、溝部 302 に代えて、直径が 0.1 mm で深さが 0.1 mm の凹部 303 を複数個設けた構成である。その他の構成は実施例 1 と同様であり、実施例 1 と同様な方法により製造されている。

実施例 3 の燃料電池に対しても、内部にこのようにして作製した燃料電池の内部に、10%メタノール水溶液を 2 ml/min で流入し、外部を大気中に曝して電池特性を測定した。その結果、表 1 に示すように、電流密度 100 mA/cm<sup>2</sup>における電池電圧が 0.85 V であった。この電圧は、1 つの単位セルのみからなる燃料電池単体の電池電圧の 2 倍よりも小さいが、比較例 2 よりも大きく、電氣的リークがある程度抑えられていることが判る。

#### (実施例 4)

図 5 A, 5 B に示す実施例 4 は、実施例 3 と同様な構成において、固体高分子電解質膜 114 に設けられた凹部 303 に、絶縁性樹脂 305 (エポキシ性樹脂) を充填した構成である。その他の構成は実施例 3 と同様であり、実施例 1 ~ 3 と同様な方法により製造されている。

実施例 4 の燃料電池に対しても、内部に 10%メタノール水溶液を 2 ml/min で流入し、外部を大気中に曝して電池特性を測定した。その結果、表 1 に示すように、電流密度 100 mA/cm<sup>2</sup>における電池電圧が 0.9 V であった。この電圧は、実施例 3 の電池電圧よりも大きく、1 つの単位セルのみからなる燃料電池単体の電池電圧の 2 倍に相当し、実施例 4 では電氣的リークがほとんど抑

えられていることが判る。

以上説明した本発明の実施例 1 ～ 4 と比較例 1 ～ 2 の電池電圧測定結果について述べる。

まず、従来の構成である比較例 1 では、2 つの単位セルの間に広い間隔を確保することによって、電氣的リークがほとんど生じず、良好な結果が得られている。しかし、単位セル間の間隔が 3 mm と広いため、燃料電池の小型化の妨げとなるという大きな欠点がある。

比較例 2 は、比較例 1 の欠点を解消するように、2 つの単位セル間の間隔を固体高分子電解質膜の厚さと同程度（0.2 mm）まで狭めて、燃料電池の小型化を可能にしている。しかし、この比較例 2 では、電氣的リークが顕著であり、電圧降下が生じる。

これに対し、実施例 1 では、比較例 2 において顕著に生じた電氣的リークを、固体高分子電解質膜 114 に設けられた溝部 302 によって抑制することができ、その結果、2 つの単位セル間を固体高分子電解質膜の厚さと同程度（0.2 mm）まで狭めて燃料電池の小型化を可能にしながら、大きな電池電圧を得ることができる。

また、実施例 2 では、絶縁性フィルム 304 により電氣的リークの発生をさらに抑えることができ、実施例 1 よりもさらに高い電池電圧を得ることができる。もちろん、2 つの単位セル間の間隔は狭く燃料電池の小型化が可能である。

実施例 3 では、実施例 1 と同様に、比較例 2 において顕著に生じた電氣的リークを、固体高分子電解質膜 114 に設けられた凹部 303 によって抑制することができ、その結果、2 つの単位セル間を固体高分子電解質膜の厚さと同程度（0.2 mm）まで狭めて燃料電池の小型化を可能にしながら、大きな電池電圧を得ることができる。

実施例 4 では、実施例 2 と同様に、絶縁性樹脂 305 により電氣的リークの発生をさらに抑えることができ、実施例 3 よりもさらに高い電池電圧を得ることができる。もちろん、2 つの単位セル間の間隔は狭く燃料電池の小型化が可能である。

このように、実施例 1 ～ 4 の燃料電池は、大きな電池電圧を得ることができ、

しかも単位セルの間隔が0.2 mmという極めて高密度な実装が可能であることが判明した。なお、前記した実施例では、2つの単位セルが電氣的に直列に接続された構成を示したが、同様の構成で、2つの単位セルの燃料極（あるいは酸化剤極）同士の間を接続することにより、電氣的に並列に接続することも可能である。また、前記した実施例では、電池電圧は0.9 V程度であり、携帯用機器の駆動電源として十分な大きさとは言えないが、電氣的に接続する単位セル数を増やすことによって電圧あるいは電流を高くすることが可能である。さらに、接続方法を適宜選択することで電池出力を調整することが可能である。

### 請求の範囲

1. 固体電解質膜と、該固体電解質膜の一方の面に配置された燃料極と、該固体電解質膜の他方の面に前記燃料極と対向して配置された酸化剤極とからなり、前記固体電解質膜を共有し、かつ互いに電氣的に接続されている複数の単位セルと

隣接する前記単位セルの間の領域に設けられている低イオン伝導性領域とを有する燃料電池。

2. 前記低イオン伝導性領域が、前記固体電解質膜に溝部が形成された領域である、請求項 1 に記載の燃料電池。

3. 前記溝部に絶縁性樹脂が充填されている、請求項 2 に記載の燃料電池。

4. 前記低イオン伝導性領域が前記固体電解質膜に凹部が形成された領域である請求項 1 に記載の燃料電池。

5. 前記凹部に絶縁性樹脂が充填されている、請求項 4 に記載の燃料電池。

6. 前記絶縁性樹脂が、フッ素系樹脂、ポリイミド系樹脂、フェノール系樹脂、エポキシ系樹脂のいずれかである請求項 3 に記載の燃料電池。

7. 前記絶縁性樹脂が、フッ素系樹脂、ポリイミド系樹脂、フェノール系樹脂、エポキシ系樹脂のいずれかである請求項 5 に記載の燃料電池。

8. 2 つ以上の前記燃料極を覆う燃料流路をさらに備え、該燃料流路の隔壁の一部が前記固体電解質膜である、請求項 1 に記載の燃料電池。

9. 複数の前記単位セルのうちの少なくとも 2 つが直列に接続されている、請求項 1 に記載の燃料電池。

10. 複数の前記単位セルのうちの少なくとも 2 つが並列に接続されている、請求項 1 に記載の燃料電池。



### 要約書

簡素な構造を有し、高出力かつ小型化および薄型化された固体高分子型燃料電池を提供することを目的として、固体高分子電解質膜を挟んで、固体高分子電解質膜の一方の面に複数の燃料極を、他方の面に複数の酸化剤極をそれぞれ配置して、複数の単位セルを構成し、これらの単位セルを接続電極により電氣的に接続している。固体高分子電解質膜上の隣接する単位セル間の領域に溝部が設けられているため、隣接する単位セルへの水素イオンの移動が抑制され、電圧降下が防止される。